

Robot arm for carrying out successive multiple operations on primary circuit of a pressurized water reactor is remotely controlled by software modules

Patent number: FR2780907
Publication date: 2000-01-14
Inventor: LATREILLE PASCAL; ARIAS JAIRIO
Applicant: FRAMATOME SA (FR)
Classification:
- **international:** B23Q3/00; B23Q39/00; B25J9/00; B25J18/00; F16L55/18; G21C17/017
- **european:** B25J9/16T4; B25J15/04; G05B15/418C; G05B19/402; G21C17/003; G21C17/017; G21C19/00
Application number: FR19980008942 19980710
Priority number(s): FR19980008942 19980710

Report a data error here

Abstract of FR2780907

Using a robot arm (4), with a support (3) connected to an industrial installation, a succession of elementary tasks are carried out, each making use of a suitable tool (10). An index on the arm is used to determine the precise trajectories of the tools. The successive movements of the arm, the attachment and detachment of the tools and the carrying out of the tasks are controlled by suitable software modules.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 780 907

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

98 08942

⑤1 Int Cl⁷ : B 23 Q 3/00, B 23 Q 39/00, B 25 J 9/00, 18/00, F 16 L
55/18, G 21 C 17/017

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.07.98.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.01.00 Bulletin 00/02.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : FRAMATOME Société anonyme —
FR.

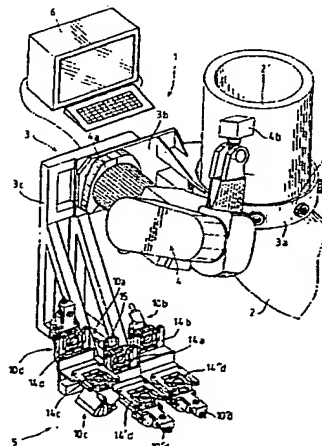
⑦2 Inventeur(s) : LATREILLE PASCAL et ARIAS JAIRIO.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF D'INTERVENTION COMMANDEE A DISTANCE DANS UNE ZONE
D'INTERVENTION D'UNE INSTALLATION INDUSTRIELLE.

⑤7 On effectue, à l'aide d'un bras-robot (4) comportant un support (3) relié à l'installation (2), au moins une opération comportant une pluralité de tâches élémentaires successives mettant en oeuvre chacune un outil adapté (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10'd). On réalise, dans un repère lié au bras-robot (4), lors d'étapes préalables à l'intervention, la détermination précise des trajectoires des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10'd) lors de déplacements pour réaliser les tâches élémentaires, de la position des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10'd) sur un support d'outil (5) et de la position de la zone d'intervention (2') de l'installation (2). On commande les déplacements successifs du bras-robot (4), la prise et la dépose des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10'd) sur le support d'outils (5) et l'exécution des tâches élémentaires d'une opération, à l'aide d'un module de logiciel propre à l'opération paramétré en fonction de la position des outils et de la zone d'intervention.



FR 2 780 907 - A1



L'invention concerne un procédé et un dispositif d'intervention automatique commandée à distance dans une zone d'intervention d'une installation industrielle.

5 Dans le cas d'installations industrielles dont certaines parties ne sont pas accessibles à des opérateurs, par exemple du fait de conditions de température ou d'ambiance incompatibles avec une présence humaine ou encore du fait de la présence de rayonnements, on doit recourir à des dispositifs commandés à distance pour effectuer des interventions sur ces parties non accessibles.

10 En particulier, dans le cas des réacteurs nucléaires refroidis par de l'eau sous pression, les composants du circuit primaire disposés dans l'enceinte de sécurité du réacteur nucléaire ne sont généralement pas accessibles et, lorsqu'une intervention doit être effectuée sur l'un de ces composants, on utilise des moyens d'intervention à distance télécommandés
15 depuis un poste de travail dans lequel les opérateurs sont isolés des rayonnements et de manière plus générale des conditions d'environnement régissant autour des composants du circuit primaire.

On va énumérer ci-dessous quelques interventions qui doivent être effectuées sur les composants du circuit primaire d'un réacteur nucléaire à
20 eau sous pression :

- contrôles multiples tels que contrôles dimensionnels, par ressuage, télévisuels ou encore relevés profilométriques, qui doivent être effectués sur un composant du circuit primaire tel que la cuve du réacteur, des équipements internes de la cuve, un pressuriseur ou un générateur de vapeur ;
- 25 - arasage d'une soudure à l'intérieur d'une tuyauterie du circuit primaire pour pouvoir en assurer le contrôle ultérieur ;
- élimination par usinage d'un défaut dans une liaison bimétallique entre deux éléments du circuit primaire, par exemple une liaison entre une ligne d'expansion d'un pressuriseur et le corps du pressuriseur ;
- 30 - rechargement d'une zone de la liaison bimétallique comportant un défaut, après usinage et contrôle par ultrasons ;

- nettoyage d'un espace annulaire entre une manchette thermique et une liaison bimétallique, en vue de faciliter la coupe et le remplacement de la liaison bimétallique.

5 On désigne généralement par le terme « liaison bimétallique » (LBM), une liaison par soudage entre un métal ferritique tel qu'un acier de construction du corps d'un composant du circuit primaire d'un réacteur nucléaire et un métal austénitique tel qu'un acier inoxydable d'une canalisation de jonction du circuit primaire du réacteur nucléaire.

10 En particulier, la conduite d'expansion joignant le corps d'un pressuriseur destiné à maintenir la pression dans le circuit primaire du réacteur nucléaire à une conduite principale du circuit primaire est constituée par un acier austénitique. La liaison de la conduite d'expansion au corps du pressuriseur, par l'intermédiaire d'une tubulure en acier ferritique constitue une liaison bimétallique.

15 Pour des raisons de sécurité, de telles liaisons bimétalliques en particulier doivent être contrôlées soigneusement pour déceler la présence éventuelle dans le métal de la liaison bimétallique, de fissures ou d'amorces de fissure qui seraient susceptibles d'évoluer pendant le fonctionnement du réacteur nucléaire.

20 Lorsqu'une telle fissure a été décelée par un contrôle non destructif, par exemple dans le cas où un défaut de surface a été décelé par un examen visuel ou télévisuel ou par un contrôle par ressuage avec coloration, ou encore dans le cas d'un défaut interne révélé par un contrôle ultrasonore ou une radiographie de la liaison bimétallique, il peut être nécessaire d'éliminer le défaut par un procédé d'usinage, par exemple par fraisage, par meulage
25 ou par usinage au jet d'eau. Après avoir éliminé le défaut décelé par le contrôle non destructif, généralement désigné par le terme « indication », la zone usinée peut être laissée dans son état tel qu'usinée ou encore elle peut être rechargée par soudage manuel ou automatique, éventuellement en utilisant un robot.
30

Préalablement à la réalisation de l'usinage du défaut, il est nécessaire de déterminer de manière précise sa position, sa forme et ses caractéristiques, cette détermination pouvant se faire par ressuage coloré.

Après un premier usinage de la zone présentant l'indication, il peut être nécessaire de réaliser un second ressuage pour déterminer si le défaut a été suffisamment éliminé.

5 Une intervention complexe telle que l'élimination et/ou la réparation d'une indication dans une partie du circuit primaire d'un réacteur nucléaire et en particulier au niveau d'une liaison bimétallique nécessite donc d'effectuer plusieurs opérations successives de ressuage, d'usinage du défaut (généralement désigné par le terme «affouillement», de mesure profilométrique de la cavité réalisée lors de l'affouillement et éventuellement de rechargement.

10 Des opérations telles que celles qui ont été énumérées plus haut comportent elles-mêmes de nombreuses tâches élémentaires qui doivent être effectuées successivement dans la zone d'intervention du composant, à l'aide de moyens adaptés qui seront désignés par la suite par le terme «outils». Par exemple, dans le cas du ressuage, on effectue successivement :

15 1 - le dégraissage de la zone concernée par l'intervention au moyen d'un solvant sous forme d'aérosol suivi de l'essuyage et du séchage au chiffon du solvant,

2 - application d'un pénétrant sous forme d'aérosol sur la zone d'intervention,

20 3 - élimination du surplus de pénétrant au moyen d'une éponge et pulvérisation d'eau après avoir respecté le temps de pénétration imposé,

4 - séchage au chiffon de la zone d'intervention,

5 - inspection télévisuelle de la zone d'intervention pour contrôler la bonne réalisation de l'élimination du surplus de pénétrant,

25 6 - application d'un révélateur sous forme d'aérosol,

7 - inspection visuelle de la zone d'intervention pour identifier et mesurer l'indication, au moyen d'un outil de mesure et d'une caméra.

30 On a proposé de réaliser les différentes tâches élémentaires des opérations d'une intervention sur une partie du circuit primaire d'un réacteur nucléaire, telles qu'un ressuage dans une zone comportant une liaison bimétallique, à l'aide d'un bras-robot qui permet de réaliser l'opération de manière plus ou moins automatique, en commandant le bras à distance.

Les tâches élémentaires sont réalisées chacune en fixant un outil approprié à une extrémité du bras-robot opposée à une extrémité du bras solidaire d'un support qui est généralement fixé sur une partie du circuit primaire. Entre les phases de réalisation de deux tâches élémentaires successives, il est nécessaire de changer l'outil fixé à l'extrémité du bras-robot. Cette opération nécessite un déplacement du bras entre la zone d'intervention et une zone de stockage d'outils, la dépose de l'outil qui vient d'effectuer une tâche élémentaire et la prise d'un nouvel outil, puis le déplacement du bras pour faire parvenir le nouvel outil dans la zone d'intervention, avant de mettre en œuvre le nouvel outil par des déplacements appropriés de l'extrémité du bras-robot.

Chacune des tâches élémentaires demande donc de nombreux déplacements et de nombreuses actions qui doivent être télécommandées. Dans le cas où une opération comporte elle-même de nombreuses tâches élémentaires, ces déplacements et actions du bras-robot et de l'outil, qui doivent être réalisés successivement suivant un scénario prédéterminé, sont extrêmement nombreux et leur séquence est réalisée par un scénario très complexe.

En particulier, il est nécessaire de prévoir de très nombreuses trajectoires de l'extrémité du bras pour réaliser les déplacements successifs des outils et de coordonner ces déplacements successifs.

En outre, les points de départ et d'arrivée des trajectoires du bras constitués par exemple par la position des outils dans leur zone de stockage et par différents points caractéristiques de la zone d'intervention, qui sont généralement définis a priori par des techniques résultant de la conception assistée par ordinateur (CAO), peuvent, dans la réalité, présenter une certaine dérive, si bien qu'une correction manuelle à partir d'une image fournie par une caméra de télévision peut être nécessaire. Ces corrections manuelles doivent être effectuées pratiquement avant chacun des déplacements du bras-robot. Il en résulte donc une très grande complexité de la réalisation d'une opération par la méthode connue utilisant un bras-robot.

Le but de l'invention est donc de proposer un procédé d'intervention commandée à distance, dans une zone d'intervention d'une installation in-

dustrielle, dans lequel on effectue à l'aide d'un bras-robot comportant un support relié à l'installation, au moins une opération comportant une pluralité de tâches élémentaires successives mettant en œuvre chacune un moyen adapté appelé «outil» qui est fixé à une extrémité de travail du bras-robot opposée au support mobile, lors d'une étape de prise de l'outil qui est suivie d'une étape d'exécution de la tâche élémentaire, puis d'une étape de dépose de l'outil, le bras effectuant des déplacements entre deux étapes successives, entre une zone de stockage d'outils et la zone d'intervention et, dans la zone d'intervention, pour réaliser la tâche élémentaire, ce procédé permettant de réaliser de manière totalement automatique et avec une grande précision de très nombreuses tâches élémentaires d'une opération mise en œuvre lors de l'intervention.

Dans ce but :

- on réalise, dans un repère lié au bras-robot, lors d'étapes préalables à l'intervention, la détermination précise :
 - . des trajectoires des outils, lors de leurs déplacements successifs, par simulation de l'intervention,
 - . de la position des outils sur un support d'outil, par mesure à l'aide d'un moyen de mesure associé au bras-robot,
 - . de la position de la zone d'intervention par mesure à l'aide du moyen de mesure associé au bras-robot ainsi que des caractéristiques de la zone d'intervention,
- et on commande les déplacements successifs du bras, la prise et la dépose des outils sur le support d'outil et l'exécution des tâches élémentaires successives de l'opération dans la zone d'intervention, à l'aide d'un module de logiciel propre à l'opération paramétré en fonction de la détermination préalable de la position des outils et de la zone d'intervention ainsi que des caractéristiques de la zone d'intervention.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, un dispositif d'intervention utilisant un bras-robot et un procédé d'intervention suivant l'invention mis en œuvre, pour réaliser l'élimination d'une indication

sur une liaison bimétallique d'une tuyauterie telle qu'une tuyauterie d'expansion d'un pressuriseur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

La figure 1 est une vue en perspective de l'ensemble du dispositif d'intervention en position de service sur la tuyauterie d'expansion du pressuriseur.

Les figures 2A, 2B et 2C sont des vues en perspective des moyens de support du bras-robot, au cours de trois phases successives du montage du bras-robot sur la tuyauterie.

La figure 3 est une vue en perspective des éléments de support du bras-robot.

La figure 4 est une vue en perspective du bras-robot pendant une opération de fraisage d'une partie de la soudure bimétallique de la tuyauterie.

La figure 5 est une vue en perspective éclatée des éléments de montage d'un outil sur le support d'outil.

La figure 6 est une vue en perspective d'un outil de palpation et d'examen télévisuel.

La figure 7 est une vue en perspective d'un outil permettant la pulvérisation sous forme d'un aérosol d'un produit dégraissant, pénétrant ou révélateur, au cours d'une opération de ressuage.

La figure 8 est une vue en perspective d'un outil utilisé pour l'essuyage d'un produit dégraissant, pénétrant ou révélateur dans une zone d'intervention soumise à un ressuage.

La figure 9 est une vue en perspective d'un outil de fraisage de la zone d'intervention.

La figure 10 est un schéma fonctionnel du logiciel utilisé pour la commande du bras et réalisé sous forme modulaire.

La figure 11 est une vue en perspective de la zone d'intervention comportant une indication.

La figure 12 est une vue en perspective d'un relevé profilométrique d'une cavité réalisée par usinage dans la zone d'intervention.

Sur la figure 1, on voit l'ensemble du dispositif d'intervention désigné de manière générale par le repère 1.

Le dispositif d'intervention est en position de service sur une canalisation d'expansion 2, d'un pressuriseur, de manière à réaliser l'élimination d'une indication due à une fissure qui a été repérée dans la zone de liaison bimétallique 2' de la canalisation 2.

5 Le dispositif 1 comporte un support mobile 3 constitué d'une pièce annulaire de support 3a engagée autour de la canalisation 2, d'un support 3b du bras-robot 4 solidaire de la partie annulaire de support 3a et d'un support en équerre 3c solidaire du support de bras-robot 3b portant le support d'outil 5.

10 L'installation 1 comporte de plus une unité 6 de commande à distance du bras-robot 4.

 Le bras-robot 4 comporte une première partie d'extrémité 4a qui est fixée par des vis sur le support de bras 3b. Le bras-robot 4, de type standard, présente cinq axes de déplacement en rotation ou en translation permettant des déplacements motorisés et commandés à distance, de manière
15 codée, pour obtenir une grande précision de déplacement.

 Trois axes de rotation ou de déplacement en translation des éléments du robot permettent de placer l'extrémité du bras 4b, opposée à l'extrémité 4a fixée sur le support mobile 3 et portant un outil, dans une position quel-
20 conque de l'espace, au voisinage de la zone d'intervention 2'.

 Deux axes de rotation du bras permettent d'orienter l'outil fixé sur la partie d'extrémité 4b, dans la zone d'intervention.

 Le bras 4, représenté sur la figure 1, comporte un premier tronçon solidaire de la partie 4a du bras fixée sur le support 3b dans laquelle un se-
25 cond élément de bras est monté rotatif autour de l'axe longitudinal du bras. Sur ce second élément, est monté rotatif, autour d'un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal, un troisième élément de bras sur lequel est monté, articulé autour d'un axe parallèle à l'axe de rotation du troisième élément, un qua-
 trième élément de bras. Le support d'outil constituant l'extrémité 4b du bras
30 est monté rotatif autour d'un premier et d'un second axes perpendiculaires entre eux, la partie d'extrémité 4b sur laquelle est monté l'outil permettant de travailler dans la zone d'intervention 2'.

Le bras-robot 4, qui est réalisé de manière standard sous la forme d'un bras anthropomorphe peut comporter plus de cinq axes de déplacement en rotation et en translation. Dans tous les cas, le bras-robot 4 permet de placer la partie d'extrémité du bras 4b, au voisinage de la zone d'intervention 2' et d'orienter l'outil d'une manière quelconque par rapport à la zone d'intervention 2'.

Le support d'outil 5, qui est fixé sur le support en équerre 3c, est solidaire, en conséquence, du support mobile 3a qu'il accompagne dans ses déplacements en rotation autour de l'axe de la tuyauterie 2.

Sur les figures 2A, 2B et 2C, on a représenté les éléments de fixation du bras sur la tuyauterie 2. Comme il est visible sur la figure 2A, un support fixe 7 ayant la forme d'un collier en deux parties articulées peut être engagé sur la tuyauterie 2 dans une zone définie en fonction de la position de la zone d'intervention 2' puis refermé et fixé par des éléments de serrage contre la surface extérieure de la tuyauterie 2.

Comme il est visible sur la figure 2B, on engage ensuite le support mobile 3 du bras 4 dont la partie 3a est réalisée sous la forme d'un collier articulé, autour de la tuyauterie 2, au-dessus du support fixe 7. La partie annulaire 3a du support mobile est refermée, et ses deux bords libres mis en coïncidence sont assemblés entre eux. La partie annulaire 3a du support mobile 3 vient reposer sur la surface supérieure du support fixe 7, éventuellement avec interposition d'éléments de glissement ou de roulement permettant de déplacer le support mobile en rotation autour de l'axe de la canalisation 2, sur le support fixe 7.

Comme il est visible sur la figure 2C, le bras 4 est fixé par sa partie 4a sur le support de bras 3b du support mobile 3.

De manière à maintenir dans une position fixe dans la direction axiale de la tuyauterie le support mobile 3 et le bras 4, on place au-dessus du support mobile un second support fixe identique au support 7. Le support mobile est ainsi monté rotatif et prisonnier, dans la direction axiale, entre les deux supports fixes 7.

Comme il est visible sur la figure 3, la partie annulaire 3a du support mobile 3 est réalisée en deux parties en forme de demi-anneaux qui se rac-

cordent suivant un plan diamétral, dans la position de fermeture de la partie annulaire 3a.

Les deux parties en forme de demi-anneaux comportent à leurs extrémités qui se raccordent l'une avec l'autre des pattes d'assemblage qui sont traversées par des ouvertures venant en alignement dans la position fermée de la partie 3a, comme représenté sur la figure 3. L'articulation des deux demi-anneaux l'un sur l'autre autour d'un axe parallèle à l'axe de la partie annulaire 3a et la fermeture de cette partie annulaire sont assurées par des axes d'articulation et de blocage 8, 8' introduits dans les ouvertures alignées des pattes des deux demi-anneaux. Des goupilles, introduites dans une ouverture à l'extrémité des axes 8 et 8', permettent de réaliser le blocage des axes à l'intérieur des ouvertures des pattes des demi-anneaux.

La partie annulaire 3a du support mobile 3 présente un diamètre intérieur légèrement supérieur au diamètre extérieur de la tuyauterie, de sorte qu'on peut faire tourner la partie annulaire 3a et l'ensemble du support 3 autour de l'axe de la tuyauterie, entre les supports fixes 7.

La partie annulaire 3a du support mobile 3 est traversée par des ouvertures au niveau desquelles sont fixés des moyens 9 de serrage de la partie annulaire 3a contre la surface extérieure de la canalisation 2 qui peuvent être constitués par des vis ou des vérins.

Par desserrage des dispositifs 9, on peut rendre libre en rotation autour de l'axe de la tuyauterie, la partie annulaire 3a et l'ensemble du support mobile 3.

Pour faire tourner le support mobile 3 autour de l'axe de la canalisation 2, par exemple pour placer le bras-robot 4 dans une position permettant une intervention dans une partie de la soudure bimétallique de la tuyauterie 2, on met en appui la partie d'extrémité 4b du bras 4 contre une partie du circuit primaire ou un élément de structure du réacteur nucléaire, on desserre les dispositifs de fixation 9 et, par poussée du bras-robot 4 sur son appui, on fait tourner le support mobile 3 autour de l'axe de la canalisation.

Lorsque le support mobile 3 est parvenu dans une position permettant de réaliser l'intervention, on réalise le blocage en rotation sur la tuyauterie 2 de la partie annulaire 3a, en réalisant le serrage des dispositifs de fixation 9.

On peut alors réaliser l'intervention.

Sur la figure 1, on a représenté le support d'outil 5 équipé de six outils différents 10a, 10b, 10c, 10d, 10'd et 10''d.

Chacun des outils est monté sur une embase correspondante 14a, 14b, 14c, 14d, 14'd ou 14''d qui est un élément fixe du support d'outil 5.

Sur la figure 3, on a représenté les embases respectives 14a, 14b, 14c, 14d, 14'd et 14''d des outils 10a, 10b, 10c, 10d, 10'd et 10''d qui sont toutes constituées sous la forme de fourchettes présentant deux branches parallèles entre lesquelles sont reçus les coupleurs des différents outils qui sont tous identiques.

Les embases d'outils 14a, 14b et 14d sont disposées verticalement, c'est-à-dire avec leurs branches verticales, alors que les embases 14c, 14'd et 14''d sont disposées horizontalement, c'est-à-dire avec leurs branches horizontales.

Le support d'outil 5, représenté sur la figure 1, est équipé de manière à permettre la réalisation d'une opération de caractérisation d'un défaut tel qu'une fissure, par ressuage, et d'une opération de réparation du défaut.

Pour cela, les outils portés par les embases du support d'outil 5 sont les suivants :

L'outil 10a est un outil de palpation fournissant un signal électrique, lorsqu'il vient au contact d'un point dont on veut déterminer la position. A l'outil de palpation 10a est associée une caméra de télévision 15 permettant de visualiser l'extrémité du palpeur et un élément avec lequel le palpeur est en contact.

L'outil 10b est une fraise ou une meule permettant d'usiner une pièce métallique par exemple une partie de la tuyauterie 2 comportant un défaut.

L'outil 10c comporte une éponge d'essuyage et un moyen d'aspersion d'eau de lavage.

Les outils 10d, 10'd et 10''d sont des bombes d'aspersion d'un aérosol renfermant respectivement (pour la mise en œuvre d'un contrôle par ressuage) un dégraissant, un pénétrant coloré, par exemple un pénétrant de couleur rouge, et un révélateur de couleur blanche.

Chacun des outils est solidaire d'un porte-outil qui est fixé sur un coupleur engagé dans l'embase correspondante du support d'outil 5.

5 Sur la figure 5, on a représenté un coupleur 16 de type standard comportant des doigts d'engagement 16' destinés à venir à l'intérieur de logements 14' dans la partie interne des branches d'une embase 14. Le coupleur 16 comporte une partie centrale 18 dans laquelle vient s'engager un mandrin à commande pneumatique de la partie d'extrémité 4b du bras-robot pour assurer la fixation du coupleur 16 et d'un outil à l'extrémité 4b du bras-robot.

10 Lorsque le bras-robot est en prise avec le coupleur 16, par l'intermédiaire de sa partie centrale 18, le bras-robot peut assurer le déplacement de l'outil, par exemple pour l'engager à l'intérieur de l'embase 14 ou pour le sortir de l'embase 14, par simple translation, comme représenté de manière conventionnelle par la double flèche 17.

15 La partie d'extrémité 4b du bras-robot, qui est équipée d'un dispositif de préhension d'outil à commande pneumatique destiné à être introduit dans la partie centrale 18 d'un coupleur, est également équipée d'un connecteur électrique et pneumatique. Les coupleurs comportent des dispositifs correspondants de connexion pneumatique et électrique permettant d'alimenter et
20 de commander l'outil et/ou de transmettre des informations de l'outil vers l'unité de commande et de traitement d'informations 6 reliée à une armoire de commande du bras-robot.

Comme il est visible sur la figure 4, l'outil (par exemple l'outil de fraisage 10b) peut être fixé, par l'intermédiaire de son coupleur 16b, à
25 l'extrémité 4b du bras-robot 4, puis déplacé, jusqu'au voisinage de la zone d'intervention 2', par le bras-robot 4. L'outil est alors orienté par rapport à la zone d'intervention 2', de manière à pouvoir effectuer une opération dans une partie de la zone d'intervention qui est ici une opération d'usinage par enlèvement de métal d'une zone comportant un défaut.

30 Le courant d'alimentation de l'outil de fraisage est amené à l'outil de fraisage 10b, par l'intermédiaire du bras-robot 4 et du coupleur 16b.

Comme il est visible sur la figure 6, l'outil 10a comporte un porte-outil sur lequel sont fixés un palpeur à contact 15' et une micro caméra de télévi-

sion couleur 15 orientée vers l'extrémité du palpeur. Le porte-outil est fixé sur le coupleur 16a permettant la fixation de l'outil 10a, à l'extrémité du bras-robot, par l'intermédiaire de la partie centrale 18a du coupleur.

5 Le palpeur à contact 15' fournit des informations électriques qui sont transmises par l'intermédiaire du coupleur 16a et de conducteurs passant à travers le bras-robot à l'unité de commande 6 du dispositif d'intervention.

La micro- caméra couleur 15 est alimentée en courant électrique, par l'intermédiaire du connecteur électrique du coupleur 16a qui assure également la transmission des signaux émis par la caméra.

10 Comme il est visible sur la figure 7, l'outil 10d, 10'd ou 10''d, qui est une bombe 20 susceptible de pulvériser, par l'intermédiaire d'une buse 20a, un produit liquide sous forme d'un aérosol, comporte un porte-outil 19 constituant le support de la bombe 20 qui est fixé sur le coupleur 16d. Le support de bombe 19 comporte, à l'une de ses extrémités, une platine de fixation
15 d'un vérin 21 qui peut être utilisé pour actionner la buse de pulvérisation 20a de la bombe 20. Un dispositif de blocage en rotation 22 de la bombe 19 permet de maintenir une orientation constante de la buse de pulvérisation 20a.

20 Le vérin de commande 21 de la bombe 20 est alimenté en air comprimé par l'intermédiaire du coupleur 16d.

La partie d'extrémité de la bombe 20 opposée à la buse de pulvérisation 20a porte un dispositif d'essuyage constitué par un support métallique revêtu de mousse et habillé d'un chiffon d'essuyage.

25 L'outil 10c est un outil de nettoyage comportant, fixé sur le coupleur 16c, un porte-outil 23 sur lequel sont montés un pulvérisateur 24 à commande pneumatique permettant de diriger un jet d'eau de lavage pulvérisé à l'opposé du coupleur 16c et une éponge fendue 25 ayant une forme en éventail.

30 L'outil 10b est un outil de fraisage qui comporte un terminal d'usinage 26 fixé sur un porte-outil 27 solidaire du coupleur 16b. Le terminal d'usinage 26 est relié, par l'intermédiaire d'un flexible 28, à un moteur électrique 29 d'actionnement du terminal d'usinage comportant l'outil de fraisage.

L'unité de commande 6 du bras-robot est réalisée sous la forme d'un contrôleur standard de robot équipé d'un moniteur graphique et d'un support de programmation.

5 Le logiciel développé pour la conduite du dispositif et du procédé d'intervention selon l'invention comporte différents modules de logiciel comme il apparaît sur la figure 10 qui sera décrite plus loin.

Chacun des modules du logiciel permet d'assurer la commande et la réalisation en séquence des tâches élémentaires d'une opération telle que le ressuage, le fraisage ou des opérations de contrôle ou de visualisation.
10 Certains modules sont utilisés pour réaliser les phases préalables à l'intervention proprement dite telles que la détermination précise de la position des outils et de la zone d'intervention, dans un repère de référence lié au bras-robot.

Les différents modules peuvent être utilisés individuellement ou en-
15 chaînés automatiquement en vue de l'exécution complète d'une intervention.

Pendant toute l'intervention, on constitue un fichier relatif à l'état d'avancement des opérations effectuées dans la zone d'intervention. En cas d'une interruption de fonctionnement du dispositif d'intervention, on peut ainsi reprendre l'opération au plus près de l'état auquel on était parvenu.

20 Comme il a été expliqué plus haut, une intervention telle que l'élimination d'une indication dans une zone de la tuyauterie 2, et en particulier dans la zone 2' de la liaison bimétallique, nécessite la mise en œuvre de plusieurs opérations telles que le ressuage, l'affouillement par fraisage de la zone dans laquelle on effectue la réparation et différents contrôles réalisés
25 après l'affouillement.

Chacune des opérations comporte de nombreuses tâches intermédiaires qui sont mises en œuvre en séquence et commandées par un module du logiciel utilisé dont le logigramme est représenté sur la figure 10.

Les tâches intermédiaires nécessitent chacune le déplacement de
30 l'extrémité du bras portant un outil entre le support d'outil 5 et une zone voisine de la zone d'intervention, puis le déplacement de l'outil suivant la zone d'intervention et enfin le retour de l'outil vers le support d'outil.

Il est nécessaire de réaliser en préalable à une intervention la détermination des trajectoires de l'extrémité du bras portant l'outil entre le support d'outil et la zone d'intervention. Cette détermination préalable des trajectoires est effectuée par une simulation de type CAO de l'opération d'intervention en prenant en compte un modèle du bras-robot utilisé et un modèle du composant sur lequel on réalise une intervention et de son environnement proche.

La simulation graphique réalisée permet de vérifier la faisabilité de l'intervention et d'établir les trajectoires d'approche et de repli des outils et les trajectoires d'évitement nécessaires pour réaliser l'intervention. Les trajectoires déterminées dans un système de référence lié au bras-robot sont transférées à l'unité de contrôle et de commande du bras-robot.

Pour réaliser l'intervention, le bras-robot est installé sur le composant (dans l'exemple de réalisation choisi sur la tuyauterie 2), en fonction des informations obtenues lors de la simulation, pour garantir une possibilité d'atteindre la zone d'intervention.

Une fois que le bras-robot 4 est installé sur le support mobile 3, on effectue d'autres opérations préalables à l'intervention qui sont nécessaires pour initialiser la position des outils sur le support d'outil et la position de la zone d'intervention, dans le repère de référence du bras-robot.

Pour cela, on monte, à l'extrémité 4b du bras-robot, l'outil de palpation 10a permettant de pointer les zones dont on veut déterminer avec précision la position dans le repère de référence du bras-robot.

On effectue tout d'abord la détermination de position des outils sur le support d'outil 5 en pointant des zones caractéristiques des embases des outils avec l'outil de palpation et en déterminant, à partir de la position du bras-robot, la position de ces points caractéristiques dans le repère lié au bras-robot.

On utilise pour cela une procédure automatique mettant en œuvre le logiciel de déplacement du bras pour venir pointer successivement des zones situées à l'extrémité des branches des fourchettes constituant les embases des outils sur le support d'outil. Les informations correspondantes de position du bras permettent d'obtenir des mesures de position précises des

embases et des différents outils portés par les embases, ces mesures de position étant communiquées à l'unité de commande du bras-robot.

Il est également possible de repérer une position initiale des outils pris en charge par le bras-robot avant leur déplacement en direction de la zone d'intervention.

Cette opération de détermination de la position des outils permet d'éviter la réalisation de supports d'outils de très grande précision et très stables dimensionnellement et permet de garantir le bon fonctionnement du changement des outils à grande cadence, pendant la réalisation des tâches élémentaires successives des opérations effectuées lors de l'intervention. Du fait que le support d'outil 5 est solidaire du support mobile 3 du bras-robot, on peut déplacer l'ensemble du support mobile 3 et du bras 5 sans qu'il soit nécessaire d'effectuer à nouveau une opération d'initialisation de la position des outils sur le support d'outil 5.

On effectue également, préalablement à l'intervention proprement dite au cours de laquelle on effectue des opérations successives dans la zone d'intervention, la détermination précise de la position de cette zone d'intervention.

Pour cela, l'extrémité 4b du bras-robot est équipée de l'outil de palpation 10a qui permet le pointage de quelques points caractéristiques du composant (c'est-à-dire de la tuyauterie 2) sur lequel doit être réalisée l'opération d'élimination d'une indication.

Cette opération est préparée lors de la simulation virtuelle de l'intervention et préprogrammée. Cependant, l'opérateur assurant la commande du bras-robot peut exécuter de petites corrections de positionnement si nécessaire, à partir d'informations visuelles données par l'intermédiaire de la caméra 15 couplée à l'outil de palpation 10a. Ces corrections manuelles sont effectuées au moyen d'une commande forcée permettant des déplacements de l'outil dans son propre repère, suivant des directions pré-établies.

Les points caractéristiques mesurés permettent de calculer un repère lié à la zone d'intervention dans lequel toutes les opérations suivantes seront réalisées.

Sur la figure 11, on a représenté une partie de la surface de la canalisation 2, dans laquelle se situe la zone d'intervention 30 dans laquelle on a repéré une indication dont on veut réaliser l'élimination.

5 L'opération de détermination précise de la zone d'intervention se traduit par la définition du repère de référence Op, Xp, Yp, Zp représenté sur la figure 11.

10 On effectue ensuite une initialisation de l'opération d'usinage du défaut repéré, appelée «affouillement». Cette initialisation est effectuée par une technique de ressuage, dans le cas où l'indication ou défaut se situe sur une couche superficielle du composant. Dans le cas de l'exemple décrit, on effectue une opération de ressuage sur la surface extérieure de la tuyauterie 2, dans la zone de la liaison bimétallique, pour positionner et dimensionner l'indication dans le repère Op, Xp, Yp, Zp.

15 On réalise le ressuage dans la zone d'intervention où a été décelée précédemment l'indication, de manière totalement automatique, à partir d'un module du logiciel utilisé par l'unité de contrôle commande du bras-robot.

L'opération de ressuage comporte les opérations suivantes :

20 1 - dégraissage de la zone d'intervention au moyen d'un solvant sous forme d'un aérosol suivi d'un essuyage et d'un séchage au chiffon de la zone dégraissée. Pour effectuer cette opération, le bras-robot réalise la prise de l'outil 10d représenté sur la figure 7.

2 - application d'un pénétrant coloré, généralement de couleur rouge, sous forme d'un aérosol. Le bras-robot est alors équipé de l'outil 10'd identique à l'outil 10d représenté sur la figure 7.

25 3 - élimination du surplus de pénétrant au moyen d'une éponge et d'une pulvérisation d'eau, après un temps d'attente correspondant au temps de pénétration dans la fissure imposé par le procédé de ressuage. Le bras-robot est alors équipé de l'outil 10c représenté sur la figure 8 qui comporte en particulier une éponge fendue 25 ayant une forme en éventail et une
30 buse d'aspersion d'eau.

4 - séchage au chiffon de la zone concernée. Le bras-robot est toujours équipé de l'outil 10'd.

5 - inspection télévisuelle de la zone d'intervention permettant de vérifier la bonne réalisation de l'élimination du surplus de pénétrant. Le bras-robot est équipé de l'outil de palpation et d'examen télévisuel 10a.

5 6 - application du révélateur, généralement de couleur blanche, sous forme d'un aérosol. Le bras-robot est alors équipé de l'outil 10''d représenté sur la figure 7.

10 7 - inspection télévisuelle pour réaliser une identification précise de l'indication et une détermination de la position du défaut à l'origine de l'indication. Le bras-robot est alors équipé de l'outil de palpation et d'inspection télévisuelle 10a.

15 Au cours de l'étape 7 d'inspection visuelle, l'opérateur dispose d'un module de logiciel affecté aux mesures qui lui permet de déterminer de manière précise la position de l'indication dans le repère défini lors de l'initialisation préalable de la position de la zone d'intervention et de déterminer les dimensions de l'indication. Au cours de cette opération, un nouveau repère de travail lié à l'indication est défini automatiquement.

Sur la figure 11, on a représenté ce repère O_f , X_f , Y_f , Z_f qui est lié à la position de l'indication et dont l'origine O_f est centrée sur l'indication. Toutes les opérations ultérieures sont définies dans ce repère.

20 La mesure de la longueur de la fissure détermine automatiquement les caractéristiques de l'usinage ou fouille qui doit être réalisé pour son élimination, en considérant que la profondeur d'usinage doit être limitée à la profondeur maximale autorisée qui est entrée comme paramètre dans le logiciel. La mesure et la détermination de position de l'indication permettent
25 également de déterminer automatiquement les différentes trajectoires associées à l'ensemble des opérations nécessaires pour l'élimination de l'indication.

En ce qui concerne les opérations de ressuage, ces mesures permettent de déterminer de manière précise les paramètres suivants :

- 30
- 1 - nombre de pulvérisations de pénétrant,
 - 2 - longueur des trajectoires d'essuyage,
 - 3 - trajectoire de pulvérisation du révélateur,

4 - décomposition du palpage pour la mesure profilométrique de la fouille réalisée lors de l'usinage de la fissure.

Les diverses opérations du ressuage énumérées ci-dessus sont réalisées en séquence de manière automatique, grâce au module de ressuage du logiciel qui sera décrit par la suite.

Entre deux tâches élémentaires du ressuage, le bras-robot se déplace entre la zone d'intervention et le support d'outil puis réalise la dépose de l'outil qui vient d'être utilisé dans l'embase correspondante du support d'outil. Le bras-robot se déplace ensuite vers une nouvelle position d'outil sur le support d'outil, ces positions étant parfaitement définies du fait de leur initialisation préalable. Le bras-robot réalise la prise d'un nouvel outil puis le déplacement de cet outil jusqu'au voisinage de la zone d'intervention. L'outil est alors orienté de manière à être présenté dans sa position de travail, grâce aux axes d'orientation motorisés de l'extrémité 4b du bras-robot 4.

Le module propre au ressuage commande ensuite les déplacements de l'outil dans la zone d'intervention, en fonction des paramètres qui lui ont été fournis lors de l'initialisation de position de la zone d'intervention.

Les différentes tâches élémentaires et les déplacements intermédiaires du bras-robot pilotés en séquence par le module propre au ressuage sont donc réalisées successivement, rapidement et de manière très sûre.

On effectue ensuite l'élimination par usinage du défaut à l'origine de l'indication repérée par contrôle non destructif. Le bras-robot est équipé de l'outil 10b permettant de réaliser l'usinage du métal de la liaison bimétallique de la tuyauterie 2, par fraisage ou meulage.

L'opération d'élimination de l'indication est pilotée par un module d'usinage du logiciel associé à l'unité de contrôle commande du bras-robot. Le module d'usinage (ou affouillement) est paramétré, d'une part en fonction des mesures de longueur et de position réalisées lors de l'opération précédente de ressuage et d'inspection télévisuelle et d'autre part en tenant compte de paramètres prédéterminés relatifs à l'état de surface et au profil de la fouille compatibles avec les codes et normes en vigueur pour ce type d'opération sur le circuit primaire d'un réacteur nucléaire.

Le profil de la fouille 31, qui est représenté sur les figures 11 et 12, est réalisé par exécution d'un ensemble de passes d'usinage juxtaposées et programmées qui sont commandées par le module d'affouillement. Le nombre et les caractéristiques des trajectoires sont déterminés automatiquement à partir de paramètres qui sont propres d'une part à l'outil mis en œuvre (vitesse de coupe, vitesse d'avance et sens d'usinage) et à la fouille à réaliser (profondeur de passe, nombre de passes par couche et longueur d'usinage).

Chacune des séquences d'élimination d'une couche est effectuée sur une profondeur de 0,5 mm et comporte différentes passes d'ébauche et de finition. A l'issue de chacune des séquences, la fouille 31 possède le profil requis par les codes en vigueur et peut être laissée en l'état si la procédure l'autorise ou, au contraire, rechargée par soudage automatique en utilisant le bras-robot.

Après avoir effectué l'élimination de l'indication par usinage, on effectue un nouveau contrôle par ressuage analogue au contrôle décrit ci-dessus. Dans le cas où l'indication apparaît de nouveau sur l'image télévisuelle obtenue à l'issue du ressuage, on reprend l'opération précédente d'élimination de l'indication par usinage.

Après élimination de l'indication par usinage, on réalise une mesure profilométrique de la fouille 31 réalisée en utilisant l'outil de palpage et d'examen télévisuel 10a, selon une séquence pré-établie et paramétrée en fonction des caractéristiques de la fouille 31 qui ont été déterminées précédemment.

Comme il est visible sur la figure 12, on réalise des trajectoires successives avec l'outil de palpage, suivant deux directions d'un réseau recouvrant la fouille 31. On détermine ainsi de manière précise le profil de la fouille dont les valeurs caractéristiques sont entrées en mémoire et peuvent être visualisées de manière graphique, comme représenté sur la figure 12.

On effectue ensuite soit une nouvelle opération d'élimination d'une indication dans la zone de la liaison bimétallique de la tuyauterie, soit le repli de l'installation. Dans le cas où l'on effectue une nouvelle opération d'élimination d'une indication dans la zone de la liaison bimétallique de la tuyaute-

rie, on reprend l'intervention à la première opération de ressuage destinée à initialiser l'opération d'affouillement par usinage.

Sur la figure 10, on a représenté, sous la forme d'un logigramme, le logiciel assurant la commande du bras et des outils lors de la réalisation de l'intervention.

Le logiciel comporte un menu principal 32 permettant de choisir un module parmi les modules suivants :

- 33 - détermination des paramètres,
- 34 - affouillement,
- 10 35 - profilométrie,
- 36 - ressuage,
- 37 - attaque chimique,
- 38 - initialisation de la position de la fissure.

Les modules 39 et 40 sont des modules utilitaires et de gestion du logiciel.

Chacun des modules comporte des sous-modules qui permettent de réaliser des opérations adaptées au type d'intervention à réaliser.

Par exemple, le module 34 d'affouillement comporte deux sous-modules 34a et 34'a qui sont relatifs à la réalisation d'un cycle d'usinage isolé et la réalisation d'un cycle automatique d'usinage, respectivement.

Le cycle d'usinage 34a, qui est également utilisé dans le cadre du cycle automatique, comporte un sous-module 34b de commande de la prise d'outil, un sous-module 34c de commande des déplacements de l'outil et un sous-module 34d de dépose de l'outil d'usinage.

Le cycle automatique comporte, à la suite du cycle d'usinage 34a, le module de profilométrie 35 et le module de ressuage 36. Il apparaît donc que les modules de logiciel, réalisant chacun la commande d'une opération, peuvent être enchaînés les uns aux autres d'une manière prédéterminée, dans le cadre de la réalisation d'opérations plus complexes.

Le module de ressuage 36 comporte trois sous-modules 36a, 36b et 36c qui sont relatifs, respectivement, à la réalisation manuelle, à la réalisation automatique et à une réalisation simplifiée du ressuage.

On ne décrira pas les autres modules du logiciel, ou modules métier, qui permettent également différentes variantes de réalisation des opérations et l'application de ces opérations dans des cadres différents.

5 Le logiciel comporte de plus des modules généraux 41, 42, 43 et 44 utilisés pour la surveillance des entrées-sorties, la gestion de l'interface avec l'opérateur, le stockage des données relatives aux trajectoires et la gestion du magasin porte-outils et des opérations de prise et de dépose d'outils.

10 Le procédé et le dispositif suivant l'invention permettent donc de réaliser des opérations nécessitant la réalisation en séquence de nombreuses tâches élémentaires, de manière totalement automatique et avec une très grande précision de réalisation. Ces résultats sont obtenus en particulier par utilisation de modules de logiciel adaptés chacun à une opération à réaliser qui sont initialisés et paramétrés en fonction de l'opération précise à réaliser.

15 Dans le cas de l'élimination d'une indication due à une fissure, la détermination préalable de la position de l'indication permet de réaliser une détermination par ressuage de la position et de la dimension de la fissure, les résultats de cette détermination permettant à leur tour d'effectuer le paramétrage du module d'usinage.

20 Chacun des modules permet de réaliser des opérations automatiques nécessitant de nombreux déplacements du bras et de nombreux changements d'outils. Les déplacements du bras qui sont réalisés selon des trajectoires prédéterminées permettent un positionnement précis de l'extrémité du bras-robot pour la prise et la dépose des outils et pour la réalisation d'une tâche élémentaire dans la zone d'intervention, du fait que la position des
25 outils sur le support d'outils et la position de la zone d'intervention sont définies de manière précise et initialisée, avant la réalisation de l'intervention proprement dite.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit.

30 C'est ainsi que les outils peuvent être soit placés à poste fixe au voisinage du composant sur lequel on réalise une intervention, soit disposés sur un support d'outil solidaire du support mobile du bras-robot. Dans ce second cas, les outils sur le porte-outils gardent des positions constantes par

rapport au bras quels que soient les déplacements du support mobile du bras.

On a décrit un mode de réalisation dans lequel le support mobile du bras-robot se déplace en rotation autour de l'axe d'une tuyauterie en étant
5 maintenu et guidé par deux supports fixés sur la tuyauterie. Les déplacements du support mobile du bras sont réalisés en mettant en appui l'extrémité du bras sur une partie fixe et en déplaçant le support mobile à l'aide des éléments moteurs du bras lui-même.

Il est possible également de prévoir d'autres montages du support
10 mobile et par exemple de prévoir un rail comportant un dispositif d'engrènement motorisé pour le déplacement du support mobile du bras-robot.

Il est possible également de prévoir des dispositifs d'indexage pour
15 pouvoir placer le bras de manière précise et avec une bonne répétabilité dans différentes positions par rapport au composant sur lequel on réalise l'intervention.

Il est bien évident que le procédé et le dispositif suivant l'invention
peuvent être utilisés pour d'autres interventions que l'élimination d'une indi-
cation sur une tuyauterie d'expansion du pressuriseur du circuit primaire
20 d'un générateur de vapeur à eau sous pression. Par exemple, le procédé et le dispositif d'intervention à l'aide d'un bras-robot peuvent être utilisés pour réaliser tout type d'intervention sur d'autres tuyauteries du circuit primaire du réacteur nucléaire, telles que les tuyauteries primaires ou des tuyauteries
auxiliaires, par exemple les tuyauteries des circuits de refroidissement à
25 l'arrêt ou du circuit d'aspersion du réacteur nucléaire. Il est également possible d'utiliser le procédé et le dispositif suivant l'invention pour effectuer des interventions sur des tuyauteries du circuit secondaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression ou encore sur des composants du réacteur nucléaire tels que la cuve, les générateurs de vapeur ou le pressuriseur.

30 Le procédé et le dispositif de l'invention peuvent également connaître des applications dans le cas d'installations industrielles différentes de réacteurs nucléaires.

REVENDEICATIONS

1.- Procédé d'intervention commandée à distance, dans une zone d'intervention (2', 30)' d'une installation industrielle (2), dans lequel on effectue, à l'aide d'un bras-robot (4) comportant un support (3) relié à l'installation (2), au moins une opération comportant une pluralité de tâches élémentaires successives mettant en œuvre chacune un moyen adapté appelé outil qui est fixé à une extrémité de travail (4b) du bras-robot (4) opposée au support (3), lors d'une étape de prise de l'outil qui est suivie d'une étape d'exécution de la tâche élémentaire, puis d'une étape de dépose de l'outil, le bras (4) effectuant des déplacements entre deux étapes successives, entre une zone (5) de stockage d'outils et la zone d'intervention (2', 30) et, dans la zone d'intervention (2', 30), pour réaliser la tâche élémentaire, caractérisé par le fait :

qu'on réalise, dans un repère lié au bras-robot (4), lors d'étapes préalables à l'intervention, la détermination précise :

. des trajectoires des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) lors de leurs déplacements successifs, par simulation de l'intervention,

. de la position des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) sur un support d'outil (5), par mesure à l'aide d'un moyen de mesure (10a) associé au bras-robot (4),

. de la position de la zone d'intervention (2', 30) par mesure à l'aide du moyen de mesure associé au bras-robot (4) ainsi que des caractéristiques de la zone d'intervention (2', 30),

et qu'on commande les déplacements successifs du bras, la prise et la dépose des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) sur le support d'outil (5) et l'exécution des tâches élémentaires successives de l'opération dans la zone d'intervention (2', 30), à l'aide d'un module de logiciel (33, ..., 40) propre à l'opération, paramétré en fonction de la détermination préalable de la position des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) sur le support d'outil (5) et de la zone d'intervention (2', 30) ainsi que des caractéristiques de la zone d'intervention (2', 30):

2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on réalise successivement une pluralité d'opérations, par commande du bras-

robot (4) et des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) à l'aide de modules de logiciel (33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40) propres chacun à l'une des opérations successives utilisés suivant une séquence prédéterminée.

5 3.- Procédé d'élimination d'une indication due à un défaut sur un composant (2) du circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'on réalise successivement :

10 - une simulation virtuelle de l'élimination par usinage de l'indication et des opérations préalables à l'usinage, pour définir les trajectoires des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d), lors de l'intervention,

- la mise en place du bras-robot (4) sur le composant (2),

- la détermination de la position des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) sur un support d'outil (5), dans un repère lié au bras-robot (4),

15 - la détermination de la position de la zone d'intervention (30) sur le composant (2) dans le repère lié au bras-robot (4) puis en séquence les opérations suivantes :

. détermination par ressuage de la position et de la dimension de l'indication, dans la zone d'intervention (30) du composant (2),

20 . élimination par usinage avec enlèvement de métal du composant (2) du défaut à l'origine de l'indication,

. contrôle par ressuage de la zone d'intervention (30),

. suivant les résultats du contrôle par ressuage précédent, une nouvelle opération d'élimination par usinage du métal du composant (2), ou

25 . une mesure profilométrique d'une fouille (32) réalisée dans le métal du composant (2) dans la zone d'intervention (30), par usinage.

4.- Procédé suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que les opérations de ressuage comportent les tâches élémentaires suivantes :

1 - dégraissage de la zone d'intervention (30),

2 - application d'un pénétrant dans la zone d'intervention (30),

30 3 - élimination d'un surplus de pénétrant dans la zone d'intervention (30),

4 - séchage de la zone d'intervention (30),

5 - inspection télévisuelle de la zone d'intervention (30) pour vérifier la réalisation de l'élimination du surplus de pénétrant,

6 - application d'un révélateur dans la zone d'intervention (30),

7 - inspection télévisuelle de la zone d'intervention (30),

5 les différentes tâches élémentaires étant réalisées successivement avec des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) propres à chacune des tâches, le bras-robot (4) se déplaçant entre la zone d'intervention (30) et le support d'outil (5) pour effectuer des changements d'outils, entre deux tâches intermédiaires successives.

10 5.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé par le fait que la détermination de la position et de la dimension du défaut à l'origine de l'indication par ressuage est utilisée pour paramétrer le module de commande (34) de l'opération d'affouillement par usinage.

15 6.- Dispositif d'intervention commandée à distance, dans une zone d'intervention (2', 30) d'une installation industrielle (2) comportant un bras-robot (4) ayant un support (3) de fixation sur l'installation (2), un support d'outil (5) portant des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) adaptés chacun à la réalisation d'une tâche élémentaire d'une opération de l'intervention et une unité de commande (6) du bras-robot (4), pour réaliser le déplacement
20 d'une extrémité de travail (4b) du bras-robot (4) comportant des moyens de prise et de dépose d'outils entre le support d'outil (5) pour réaliser la prise ou la dépose d'un outil et la zone d'intervention (30) et, dans la zone d'intervention (30) pour réaliser la tâche élémentaire correspondante, caractérisé par le fait que l'unité de commande (6) du bras-robot (4) comporte
25 un support de programmation sur lequel est enregistré un logiciel comportant une pluralité de modules (33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40) adaptés chacun à la commande d'une opération comportant une pluralité de tâches élémentaires successives, chacun des modules étant paramétré en fonction de la position des outils (10a, 10b, 10c, 10d, 10'd, 10''d) sur le support d'outil
30 (5), et de la zone d'intervention (30) et des caractéristiques de la zone d'intervention (30).

7.- Dispositif suivant la revendication 6 caractérisé par le fait que le support (3) du bras-robot (4) relié à l'installation (2) est un support monté

mobile par rapport à l'installation (2) et que le support d'outil (5) est solidaire du support mobile (3) du bras-robot (4).

5 8.- Dispositif suivant la revendication 7, dans le cas d'une intervention dans une zone d'une tuyauterie (2) d'une installation industrielle, caractérisé par le fait que le support mobile (3) est monté rotatif autour de l'axe de la tuyauterie (2), sur la surface externe de la tuyauterie (2), le support mobile (3) comportant un support annulaire (3a) en deux parties articulées pour le montage du support mobile (3) sur la tuyauterie (2), dont le diamètre intérieur est supérieur au diamètre extérieur de la tuyauterie (2).

10 9.- Dispositif suivant la revendication 8, caractérisé par le fait qu'il comporte de plus deux supports (7), comportant chacun deux parties articulées, destinés à être fixés de manière rigide sur la tuyauterie (2) de part et d'autre du support mobile (3).

15 10.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 6 à 9, utilisé pour réaliser une élimination par usinage d'un défaut dans une partie d'une tuyauterie (2) du circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, caractérisé par le fait que le support d'outil (5) comporte un ensemble d'embases (14a, 14b, 14c, 14d, 14'd, 14''d) destinées à recevoir chacune un coupleur (16a, 16b, 16c, 16d, 16'd, 16''d) de réalisation standard solidaire d'un porte-outils d'une forme adaptée pour recevoir un outil
20 destiné à réaliser une tâche particulière au cours d'une opération nécessaire pour l'élimination de la fissure, les outils comportant :

- un outil (10a) de palpé et d'examen télévisuel,
- un outil (10b) d'usinage par fraisage ou meulage,
- 25 - un outil (10c) de lavage et d'essuyage,
- trois outils (10d, 10'd, 10''d) d'aspersion d'un produit liquide et d'essuyage.

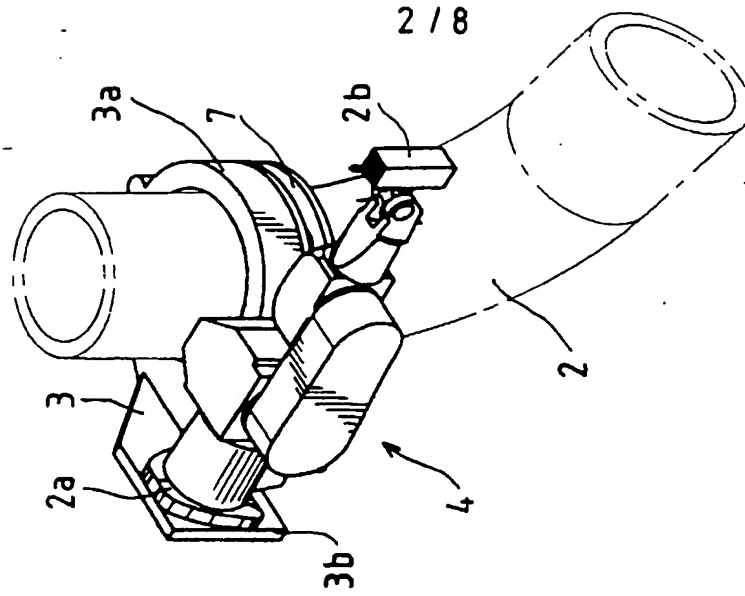


FIG. 2C

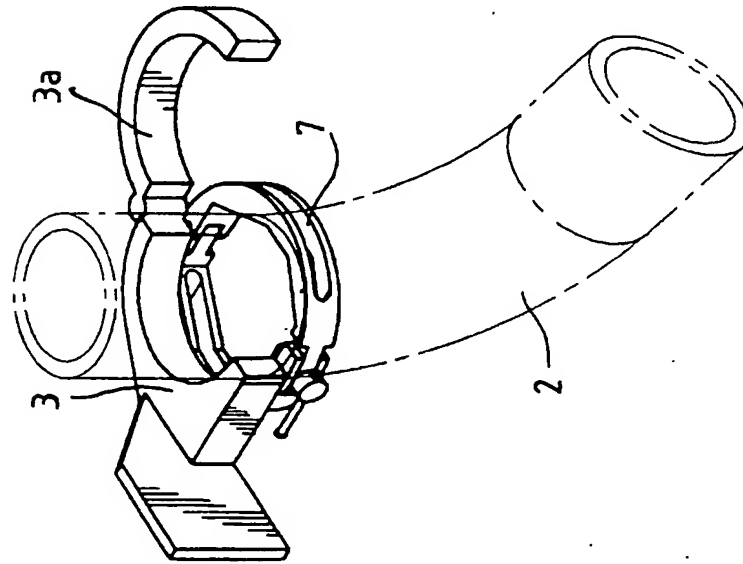


FIG. 2B

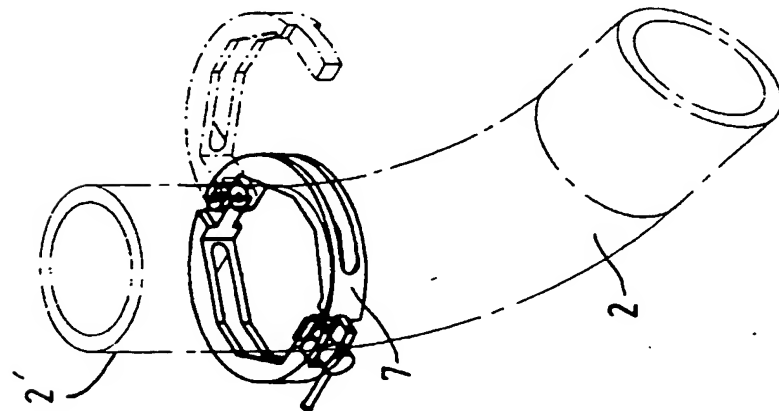
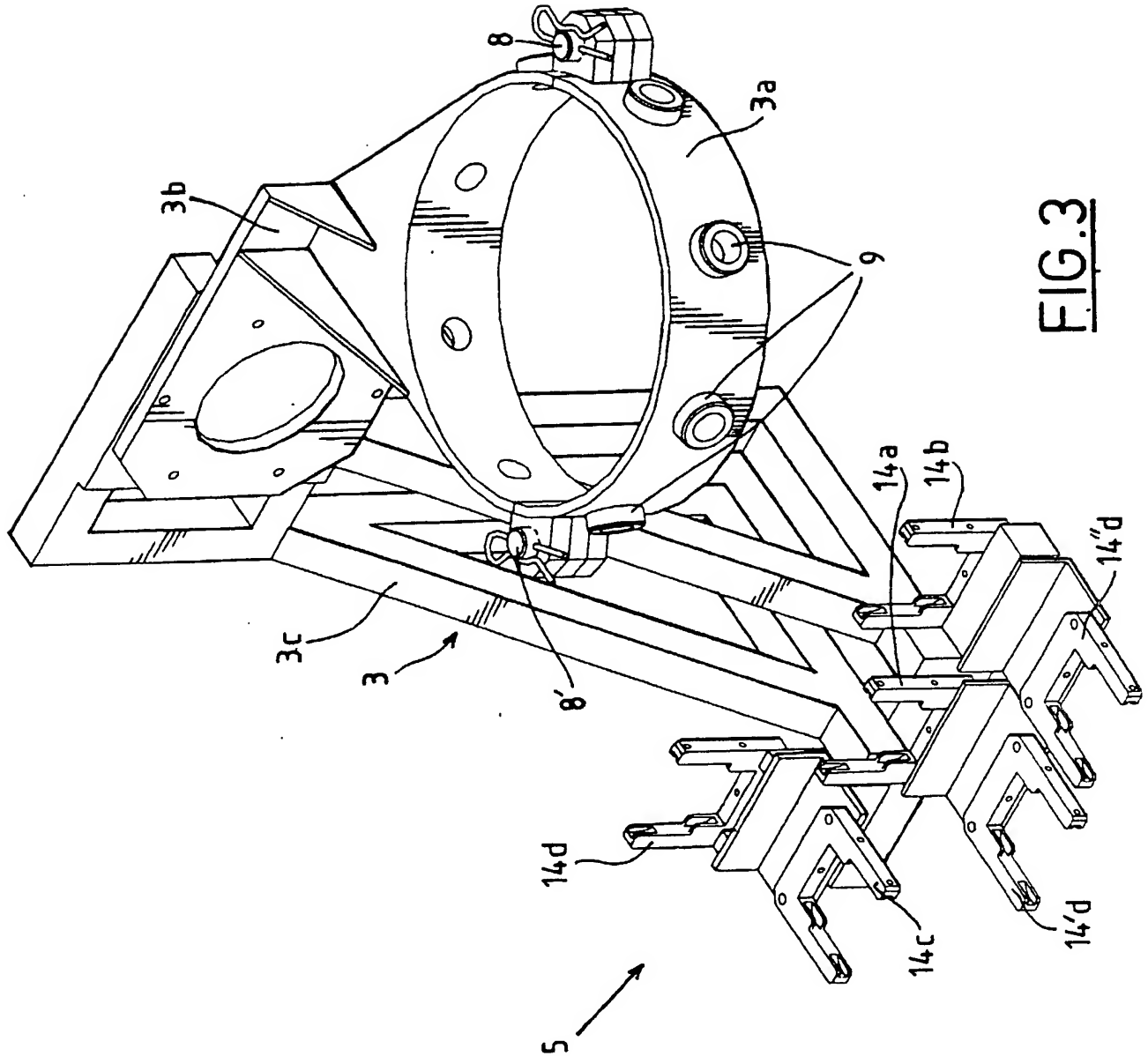
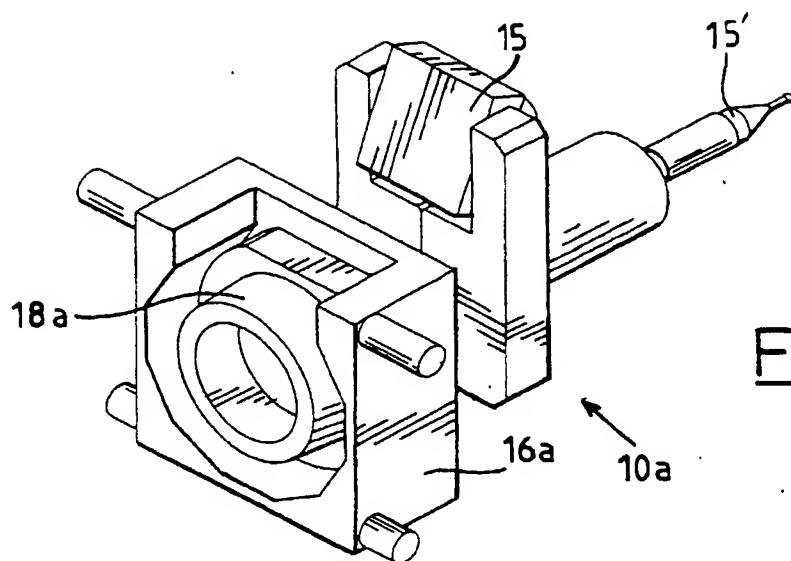
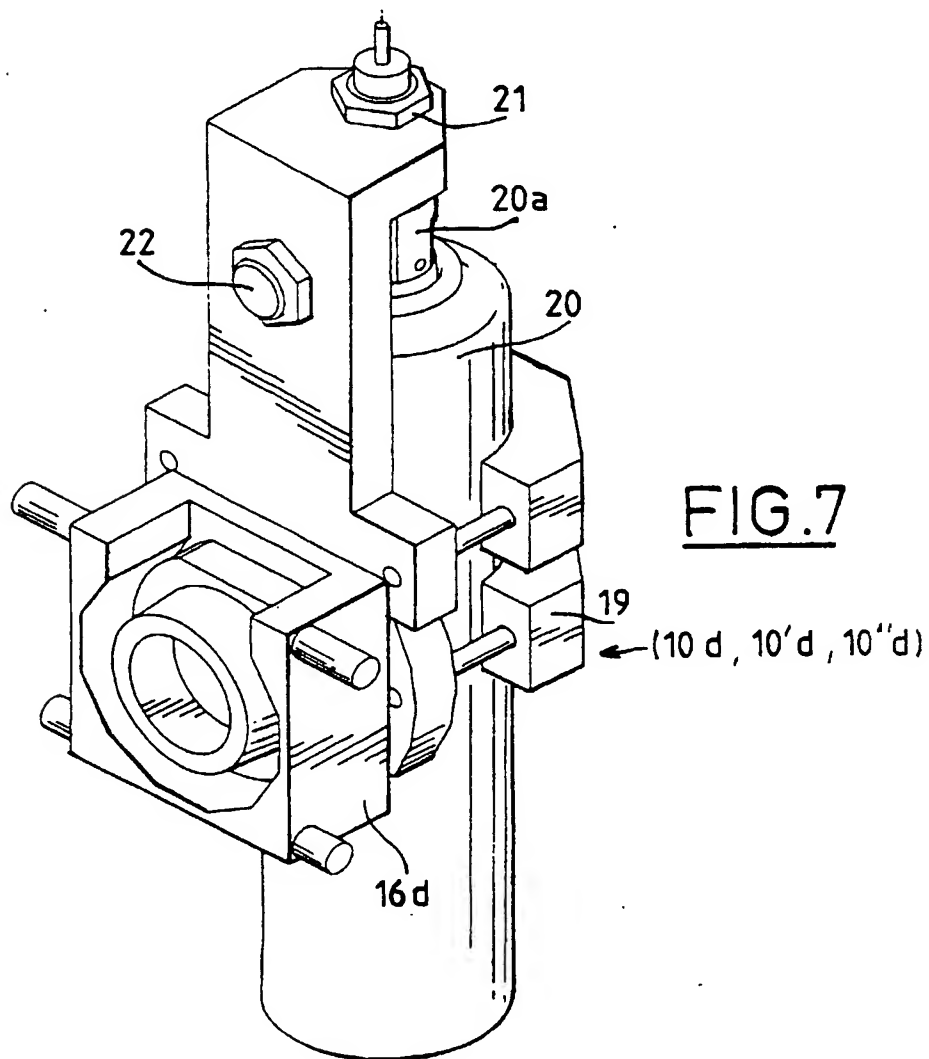


FIG. 2A



5 / 8

FIG. 6FIG. 7

6 / 8

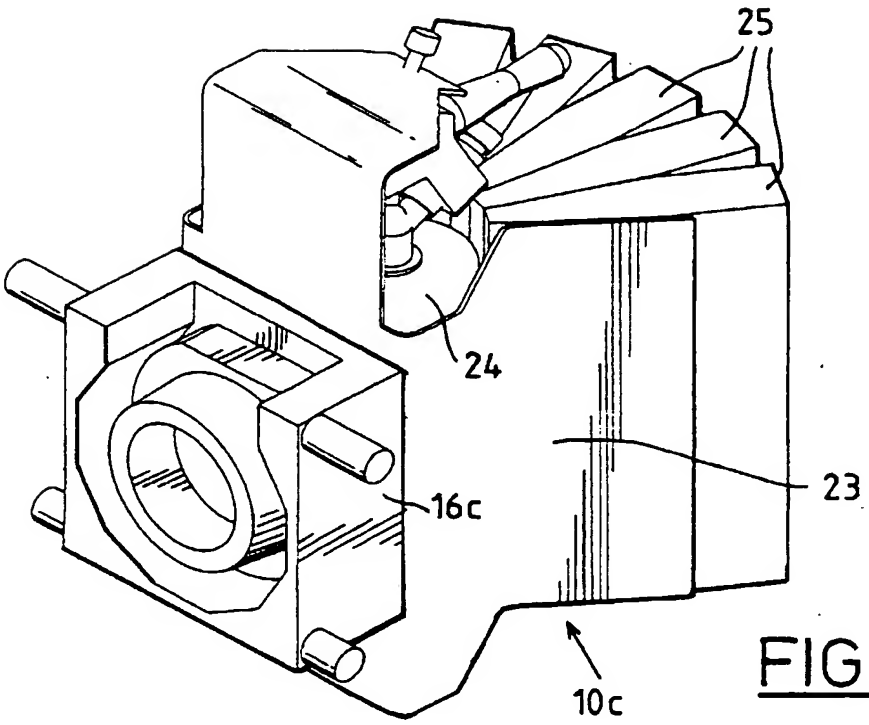


FIG.8

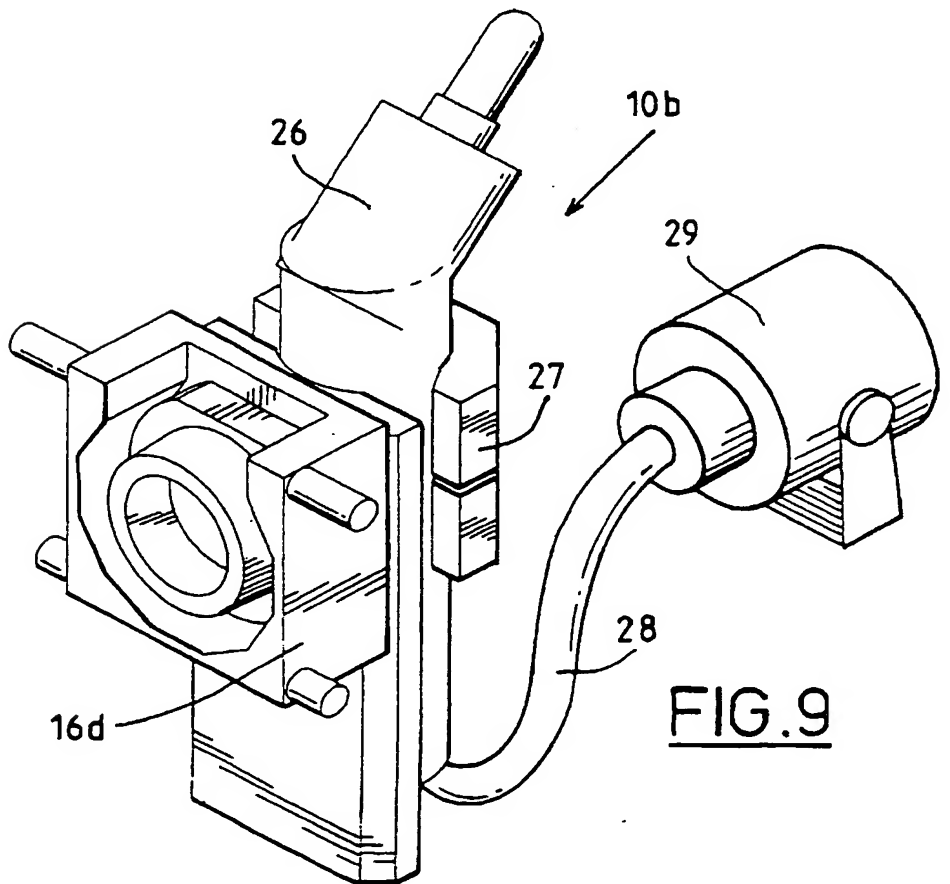


FIG.9

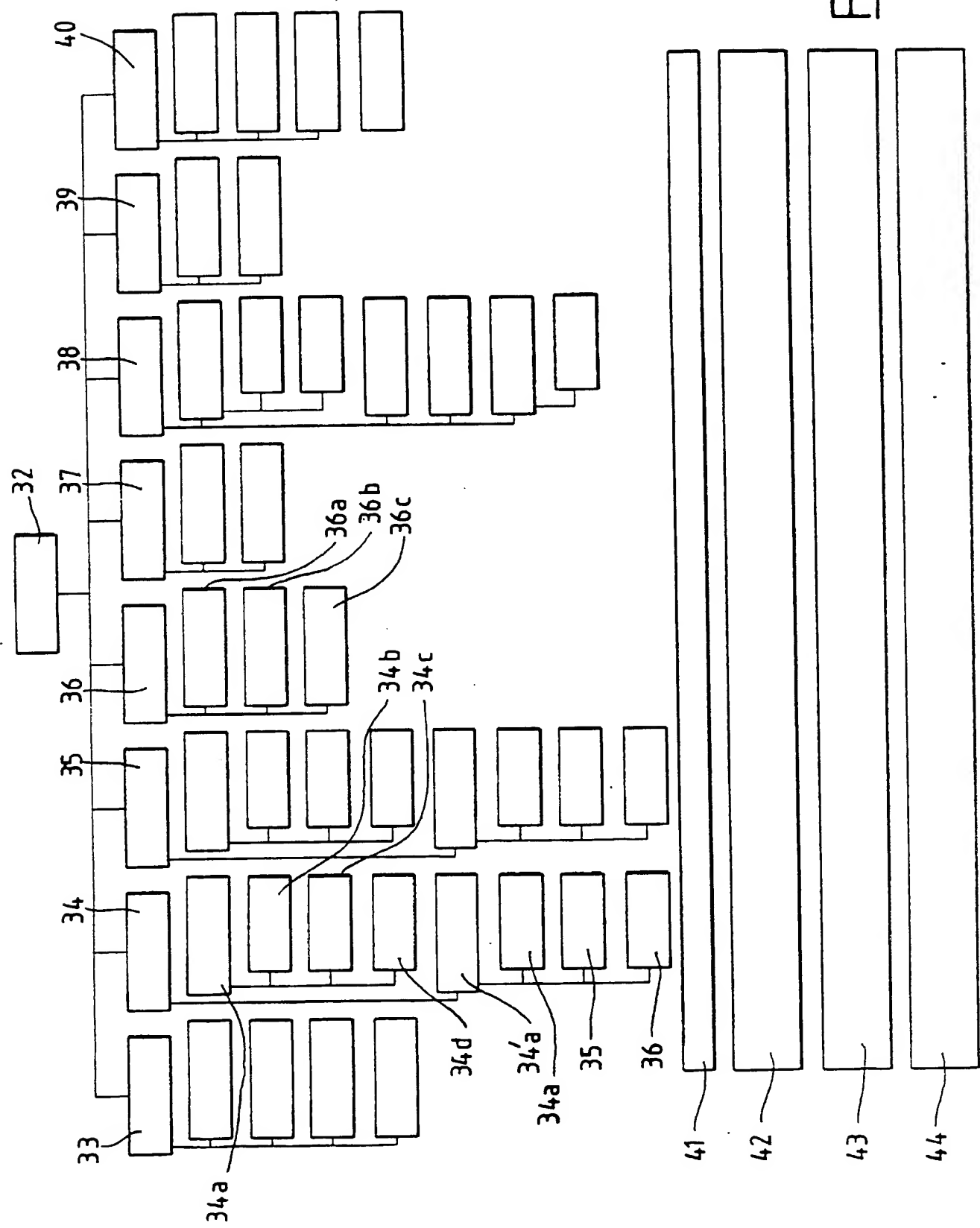
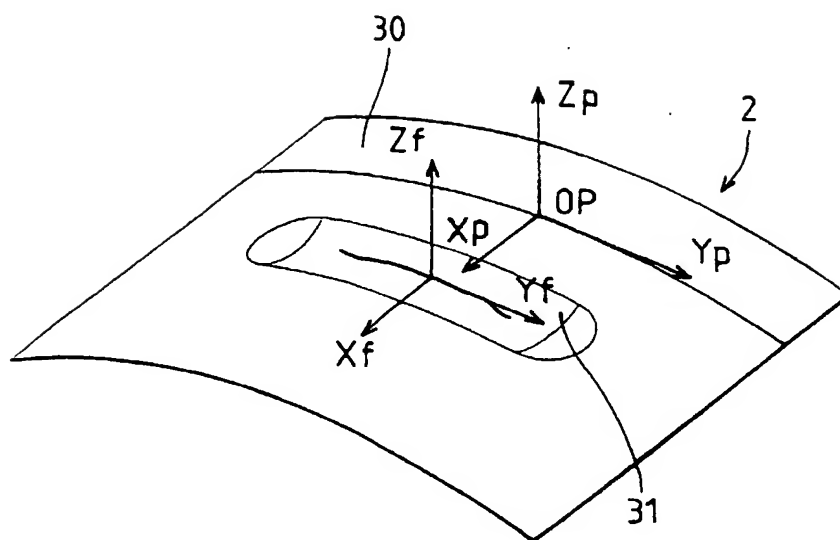
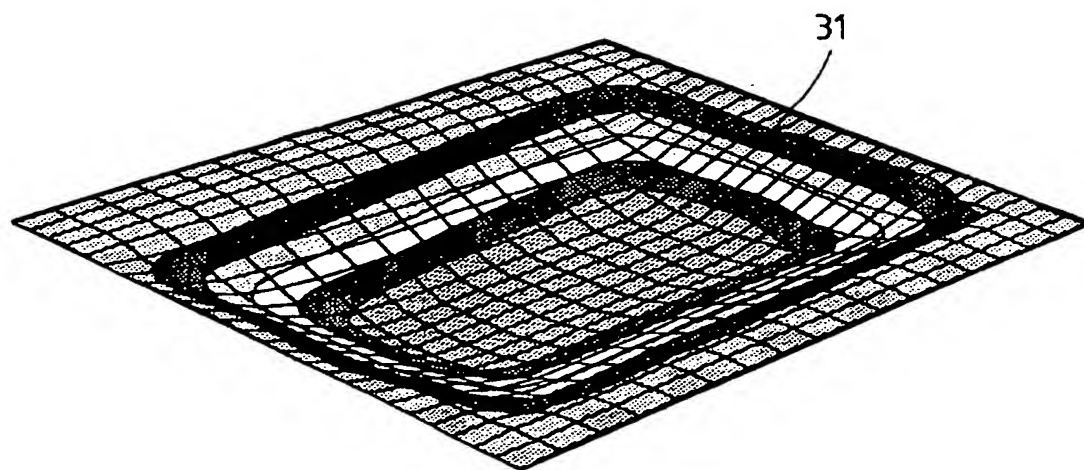


FIG.10

FIG.11FIG.12

BEST AVAILABLE COPY

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 560150
FR 9808942

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	WO 96 08675 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 21 mars 1996 * revendications 1,16,21 *	1,6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 385 (M-1448), 20 juillet 1993 & JP 05 069362 A (TOSHIBA CORP), 23 mars 1993 * abrégé *	1,6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 227 (M-332), 18 octobre 1984 & JP 59 107839 A (YAMAZAKI TEKKOSHO:KK), 22 juin 1984 * abrégé *	1,6
A	US 4 577 284 A (CHRISTY ARTHUR E ET AL) 18 mars 1986 * revendications 1,2 *	1,6
A	US 4 809 425 A (MONFORTE MATHEW L) 7 mars 1989 * revendications 1,6 *	1,6
A	US 5 392 502 A (FREER EDGAR P) 28 février 1995 * revendication 13 *	1,6
A	US 5 586 387 A (NAKATANI TAKUYA ET AL) 24 décembre 1996 * revendication 1 *	1,6
A	EP 0 471 333 A (YAMAZAKI MAZAK CORP) 19 février 1992 * revendication 1 *	1,6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B25J G05B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
7 avril 1999		De Gussem, J
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

BEST AVAILABLE COPY